



99P3634

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 197 06 276 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
H 01 S 3/025
51022
R40



**DEUTSCHES
PATENTAMT**

②1 Aktenzeichen: 197 06 276.8
②2 Anmeldetag: 18. 2. 97
④3 Offenlegungstag: 20. 8. 98

DE 197 06 276 A 1

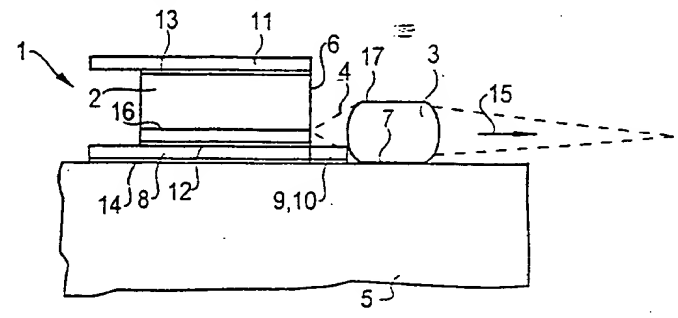
⑦1 Anmelder: Siemens AG, 80333 München, DE	⑦2 Erfinder: Erfinder wird später genannt werden ⑤6 Entgegenhaltungen: DE 1 95 11 593 A1 — DE 42 38 434 A1
---	--

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen:

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Halbleiterlaser-Vorrichtung und Verfahren zum Herstellen einer Halbleiterlaser-Vorrichtung

⑤7 Halbleiterlaser-Vorrichtung mit einem Halbleiterlaserchip und einer Zylinderlinse zur Fokussierung der von dem Halbleiterlaserchip ausgesandten Laserstrahlung, bei der der Halbleiterlaserchip auf einem Grundträger aufbefestigt und die Zylinderlinse vor einer Strahlaustrittsfläche des Halbleiterlaserchips angeordnet ist. Die Zylinderlinse weist mindestens eine abgeflachte Seitenfläche auf mit der sie auf dem Grundträger aufliegt und befestigt ist.



DE 197 06 276 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf eine Halbleiterlaser-Vorrichtung mit einem Halbleiterlaserchip, insbesondere einem Leistungs-Halbleiterlaser-Barren, und einer Zylinderlinse zur Fokussierung der von dem Halbleiterlaserchip ausgesandten Laserstrahlung, bei der der Halbleiterlaserchip auf einem Grundträger teil befestigt und die Zylinderlinse vor einer Strahlaustrittsfläche des Halbleiterlaserchips angeordnet ist.

Derartige Halbleiterlaser-Vorrichtungen werden bislang folgendermaßen hergestellt:

Zylinderlinsen, wie zum Beispiel Glasfaserabschnitte, werden an Linsen-Halteteilen befestigt, die geeignete Hilfsmittel zu deren mechanischen Fixierung an einem Grundträger teil aufweisen, auf dem der Halbleiterlaserchip befestigt ist. Die Linsen-Halteteile werden dann unter gleichzeitiger Justierung der jeweiligen Zylinderlinse zum betriebenen Laser an das jeweilige Grundträger teil montiert.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, eine Halbleiterlaser-Vorrichtung der eingangs genannten Art zu entwickeln, die insbesondere eine einfachere Herstellung und eine einfachere Justierung der Zylinderlinse ermöglicht.

Diese Aufgabe wird durch eine Halbleiterlaser-Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Halbleiterlaser-Vorrichtung sind Gegenstand der Unteransprüche 2 bis 12. Bevorzugte Verfahren zum Herstellen einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaser-Vorrichtung sind Gegenstand der Ansprüche 13 bis 17. Ein bevorzugtes Verfahren zum gleichzeitigen Herstellen einer Mehrzahl von erfindungsgemäßen Zylinderlinsen ist Gegenstand des Patentanspruches 18.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, daß die Zylinderlinse eine abgeflachte Seitenfläche aufweist, mit der sie auf dem Grundträger teil aufliegt und mit diesem fest verbunden ist.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Halbleiterlaser-Vorrichtung ist zwischen dem Halbleiterlaserchip und dem Grundträger teil ein Zwischenträger teil vorgesehen, das eine Chip-Montagefläche für den Halbleiterlaserchip und mindestens zwei Abstandhalterteile aufweist, die bevorzugt links und rechts von der Strahlaustrittsfläche des Halbleiterlaserchips angeordnet sind, sich von der Strahlaustrittsfläche aus gesehen in Strahlabbreitungsrichtung erstrecken und die als Justageanschlag für die Zylinderlinse dienen, indem z. B. die Linse an den Abstandhalterteilen anliegt. Dadurch ist vorteilhafterweise eine sehr einfache Justage der Zylinderlinse gegenüber dem Halbleiterlaserchip ohne Betrieb des Halbleiterlaserchips gewährleistet.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Halbleiterlaser-Vorrichtung ist das Zwischenträger teil ein Molybdän-Anschlußrahmen, der mittels phototechnischem Strukturieren einer auf dem Grundträger teil aufgetragenen Molybdänschicht (z. B. Sputter-, Aufdampf- oder Galvanikschicht) hergestellt oder als vorgefertigtes Teil (als Leadframe) auf dem Grundträger teil beispielsweise mittels einer Hartloteschicht befestigt ist. Dies hat den besonderen Vorteil, daß mechanische Spannungen auf Grund von unterschiedlichen thermischen Ausdehnungen des Halbleiterlaserchips und des Grundträger teils, das beispielsweise als Wärmesenke dient und z. B. aus Kupfer besteht, größtenteils von dem Zwischenträger teil kompensiert werden, da Molybdän aufgrund seines hohen Elastizitätsmoduls die mechanischen Spannungen im elastischen Dehnungsbereich aufnimmt. An Stelle von Molybdän kann selbstverständlicherweise auch ein anderer elektrisch leitender Werkstoff mit einem hohen Elastizitätsmodul, hoher Fließspannung und hoher Temperaturbeständigkeit verwendet sein. Als Beispiele wären hier

W, CuW- und CuMo-Legierungen (Cu-Anteil jeweils zwischen 10 und 20%) zu nennen. Alle oben genannten Materialien lassen sich sowohl als Folie als auch als Sputter-, Aufdampf- oder Galvanikschicht herstellen und weisen eine gute Wärmeleitfähigkeit auf.

Die Zylinderlinse ist bevorzugt mittels eines geeigneten elastischen Klebstoffes auf dem Grundträger teil befestigt. Bei einer besonders bevorzugten Weiterbildung der erfindungsgemäßen Halbleiterlaser-Vorrichtung ist die Zylinderlinse an zwei einander gegenüberliegenden Seiten abgeflacht. Der Vorteil dieser Ausführungsform besteht insbesondere darin, daß die Zylinderlinse mittels einer in der Halbleitertechnik herkömmlich verwendeten Bestückvorrichtung auf dem Grundträger teil positioniert werden kann, da aufgrund der planen Oberseite ein Ansaugen der Zylinderlinse mit einer Saugpipette möglich ist (pick and place-Verfahren). Derartige Linsen lassen sich darüberhinaus vorteilhafterweise übereinander stapeln und gleichzeitig mit einer Anti-Reflexions-Beschichtung versehen.

Die Abflachung der Zylinderlinse ist vorteilhafterweise derart gestaltet, daß der Scheitel der auf dem Grundträger teil befestigten Zylinderlinse im wesentlichen in Höhe des strahlungsemitternden Bereiches des auf dem Zwischenträger teil befestigten Halbleiterlaserchips liegt.

Der Fokus zwischen dem Halbleiterlaserchip und der Zylinderlinse ist durch die Länge der Abstandhalterteile des Zwischenträger teiles fest vorgegeben.

Bei einem ersten besonders bevorzugten Verfahren zum Herstellen einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaser-Vorrichtung wird auf ein Grundträger teil zunächst eine Molybdänschicht aufgebracht. Nachfolgend wird die Molybdänschicht mittels Phototechnik derart strukturiert, daß sie eine Chip-Montagefläche für den Halbleiterlaserchip und zwei Abstandhalterteile aufweist. Die strukturierte Molybdänschicht, die das Zwischenträger teil darstellt, kann weiterhin eine Anschlußfläche zum elektrischen Anschließen des Halbleiterlaserchips aufweisen. Nachfolgend wird der Halbleiterlaserchip bevorzugt mittels eines Hartlotes auf der Montagefläche des Zwischenträger teiles befestigt und die bevorzugt aus einer Glasfaser hergestellte Zylinderlinse mit der abgeflachten Seitenfläche auf das Grundträger teil aufgelegt und mit einer gekrümmten Seite gegen die beiden Abstandhalterteile geschoben. In dieser Position wird die Zylinderlinse dann beispielsweise mittels Lötens oder mittels eines geeigneten Klebstoffes auf dem Grundträger teil befestigt.

Bei einem zweiten bevorzugten Verfahren zum Herstellen einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaser-Vorrichtung wird das Zwischenträger teil z. B. in Form eines Molybdänanschlußrahmens getrennt vom Grundträger teil separat vorgefertigt. Das Zwischenträger teil weist wiederum eine Chip-Montagefläche für den Halbleiterlaserchip, zwei Abstandhalterteile und optional eine Anschlußfläche zum elektrischen Anschließen des Halbleiterlaserchips auf. Nach dem Aufbringen des Zwischenträger teiles auf das Grundträger teil wird der Halbleiterlaserchip auf der Chip-Montagefläche des Zwischenträger teiles befestigt und, wie bei dem oben beschriebenen Verfahren, die Zylinderlinse auf das Grundträger teil aufgelegt und gegen die beiden Abstandhalterteile geschoben und beispielsweise wie weiter oben bereits beschrieben befestigt. Diese Prozeßschritte werden alle bevorzugt im Waferverbund oder auf Leadframe-Bändern durchgeführt.

Alternativ kann zunächst der Halbleiterlaserchip auf das Zwischenträger teil montiert und nachfolgend das Zwischenträger teil mit dem Halbleiterlaserchip auf dem Grundträger teil befestigt werden.

Die Bezeichnung "Zylinderlinse" soll nicht bedeuten, daß

die Erfindung auf die Verwendung von stabförmigen Linsen mit einer kreisförmigen Krümmung der gekrümmten Seitenflächen eingeschränkt ist. Vielmehr sind darunter beispielsweise auch alle stabförmigen Linsen mit gekrümmten Strahlungseinkoppelflächen und/oder gekrümmten Strahlungsauskopplungsflächen, wie z. B. biassphärische Linsen und Linsenarrays, zu verstehen.

Ein besonderer Vorteil der erfindungsgemäßen Halbleiterlaser-Vorrichtung besteht darin, daß zu ihrer Montage kein Betrieb des Halbleiterlaserchips notwendig ist, da die Position der Zylinderlinse durch die Abstandhalterteile fest vorgegeben ist.

Die erfindungsgemäße Halbleiterlaser-Vorrichtung wird im folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit den Fig. 1 bis 4 näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines senkrechten Schnittes durch das Ausführungsbeispiel,

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Draufsicht auf das Ausführungsbeispiel,

Fig. 3 einen Querschnitt einer alternativen Ausführungsform der Zylinderlinse,

Fig. 4 eine schematische Darstellung des Verfahrensschrittes "Gleichzeitiges Aufbringen einer Anti-Reflexions-Beschichtung auf eine Mehrzahl von Zylinderlinsen".

Bei dem Ausführungsbeispiel (Fig. 1 und 2) ist auf einem Grundträger 5 ein Zwischenträger 8 befestigt, auf dem sich ein Halbleiterlaserchip 2 befindet. Das Grundträger 5 besteht beispielsweise aus Kupfer und das Zwischenträger 8 aus Molybdän. Der Halbleiterlaserchip 2 ist beispielsweise ein Leistungs-Halbleiterlaser-Barren, der im Betrieb eine Mehrzahl von im Querschnitt streifenförmigen, auf einer Geraden nebeneinander angeordneten Einzel-laserstrahlen 4 aussendet und aus $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 \leq x \leq 1$) besteht. Dieser Halbleiterlaserchip 2 ist beispielsweise mittels einer Hartlotschicht 12 (z. B. bestehend aus Au-Sn-Lot) mit dem Zwischenträger 8 verbunden.

Auf der Oberseite des Halbleiterlaserchips 2 ist eine Anschlußplatte 11 befestigt, die als zweiter elektrischer Anschluß für den Halbleiterlaserchip 2 vorgesehen ist. Die Anschlußplatte 11 besteht bevorzugt aus demselben Material wie das Zwischenträger 8 und ist z. B. ebenfalls mittels einer Hartlotschicht 13 (z. B. bestehend aus Au-Sn-Lot) auf dem Halbleiterlaserchip 2 befestigt.

Im Falle eines getrennt vom Grundträger 5 hergestellten Zwischenträgers 8 ist dieses ebenfalls bevorzugt mittels einer Hartlotschicht 14 auf dem Grundträger 5 befestigt.

Am Zwischenträger 8 sind zwei Abstandhalterteile 9, 10 ausgebildet, die sich ausgehend von einer Strahlaustrittsfläche 6 des Halbleiterchips 2 in Richtung Strahlausbreitungsrichtung 15 der Laserstrahlung 4 erstrecken und einen Abstand voneinander aufweisen, der größer ist als die Breite der Strahlaustrittsfläche 6, so daß die Laserstrahlung 4 von den Abstandhalterteilen 9, 10 nicht beeinträchtigt wird.

Auf dem Grundträger 5 ist weiterhin eine Zylinderlinse 3 angeordnet, die auf gegenüberliegenden Seiten abgeflachte Seitenflächen 7, 17 aufweist. Die Zylinderlinse 3 liegt mit einer der abgeflachten Seitenflächen 7 auf dem Grundträger 5 auf und mit einer der Strahlaustrittsflächen 6 des Halbleiterlaserchips 2 zugewandten gekrümmten Seitenfläche an den beiden Abstandhalterteilen 9, 10 an und ist beispielsweise mittels eines metallischen Lotes oder mittels eines geeigneten Klebstoffes auf dem Grundträger 5 befestigt.

Zur Herstellung der oben beschriebenen Zylinderlinsen 3 werden beispielsweise längere Glasfaserstücke von zwei gegenüberliegenden Seiten her beispielsweise mittels Schleifen abgeflacht und anschließend beispielsweise mittels Sä-

gen zu einzelnen Zylinderlinsen zertrennt.

Um die Strahlein- und Strahlauskoppelflächen der Zylinderlinsen 3 optisch zu vergüten, können die Glasfaserstücke zum Beispiel in einer Horde übereinandergestapelt und von beiden Seiten mit einer herkömmlichen optischen Vergütungsschicht versehen werden (Fig. 4, Beschichten, angedeutet durch die Pfeile 18). Durch die abgeflachten Seitenflächen ist sichergestellt, daß die vergüteten Flächen bei der weiteren Handhabung der Zylinderlinsen 3 nicht verdreht werden.

Die Zylinderlinse 3 ist derart angeschliffen, daß ihr Scheitel genau auf der Höhe des strahlungsemitierenden Bereiches 16 des auf dem Zwischenträger 8 befestigten Halbleiterlaserchips 2 liegt. Der Fokus zwischen dem Halbleiterlaserchip 2 und der Zylinderlinse 3 ist durch die Abstandhalterteile 9, 10 des Zwischenträgers 8 fest vorgegeben.

Ein besonderer Vorteil der erfindungsgemäßen Halbleiterlaser-Vorrichtung 1 besteht darin, daß die Zylinderlinse 3 ohne den Halbleiterlaserchip 2 zu betreiben, gegenüber dem Halbleiterlaserchip 2 justiert und anschließend auf das Grundträger 5 montiert werden kann und nicht mehr in mehreren Freiheitsgraden ausgerichtet werden muß.

Die in der Fig. 3 im Querschnitt gezeigte, bei der erfindungsgemäßen Halbleitervorrichtung einsetzbare Zylinderlinse 3, weist im Unterschied zu der oben beschriebenen Ausführungsform nur eine einzige abgeflachte Seitenfläche 7 auf, mit der sie auf dem Grundträger 5 befestigt wird.

Patentansprüche

1. Halbleiterlaser-Vorrichtung (1) mit einem Halbleiterlaserchip (2) und einer Zylinderlinse (3) zur Fokussierung der von dem Halbleiterlaserchip (2) ausgesandten Laserstrahlung (4), bei dem der Halbleiterlaserchip (2) auf einem Grundträger (5) befestigt und die Zylinderlinse (3) vor der Strahlaustrittsfläche (6) des Halbleiterchips (2) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Zylinderlinse (3) eine abgeflachte Seitenfläche (7) aufweist, mit der sie auf dem Grundträger (5) aufliegt.
2. Halbleiterlaser-Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zylinderlinse (3) aus einer Glasfaser gefertigt ist.
3. Halbleiterlaser-Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Halbleiterlaserchip (2) und dem Grundträger (5) ein Zwischenträger (8) vorgesehen ist, das mindestens zwei Abstandhalterteile (9, 10) aufweist, die als Justageanschlag für die Zylinderlinse (3) dienen.
4. Halbleiterlaser-Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Zwischenträger (8) ein Anschlußrahmen ist, der mittels Phototechnik aus einer auf dem Grundträger (5) aufgetragenen Metallschicht hergestellt ist.
5. Halbleiterlaser-Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Zwischenträger (8) ein vorgefertigter Anschlußrahmen ist.
6. Halbleiterlaser-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Zylinderlinse mittels eines geeigneten Klebstoffes auf dem Grundträger (5) befestigt ist.
7. Halbleiterlaser-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Zylinderlinse (3) an zwei einander gegenüberliegenden Seiten abgeflacht ist.
8. Halbleiterlaser-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Halbleiterlaserchip (2) ein Diodenlaserfeld aufweist, das im

Betrieb eine Mehrzahl von nebeneinander angeordneten, im Querschnitt streifenförmigen, divergenten Einzellaserstrahlen aussendet.

9. Halbleiterlaser-Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Halbleiterlaserchip (2) ein Leistungs-Halbleiterlaser-Barren ist.

10. Halbleiterlaser-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5 oder nach einem der Ansprüche 6 bis 9 unter Rückbeziehung auf einen der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand zwischen den beiden Abstandhalterteilen (9, 10) größer ist als die Breite der Strahlaustrittsfläche (6).

11. Halbleiterlaser-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5 und 10 oder nach einem der Ansprüche 6 bis 9 unter Rückbeziehung auf einen der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Zwischenträger-
 gerteil (8) Molybdän, CuW oder CuMo aufweist.

12. Halbleiterlaser-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, 10 und 11 oder nach einem der Ansprüche 6 bis 9 unter Rückbeziehung auf einen der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß ein Fokus zwischen dem Halbleiterlaserchip (2) und der Zylinderlinse (3) durch die Länge der Abstandhalterteile (9, 10) des Zwischenträger-
 gerteiles (8) fest vorgegeben ist.

13. Verfahren zum Herstellen einer Halbleiterlaser-Vorrichtung nach Anspruch 4 oder nach einem der Ansprüche 6 bis 12 unter Rückbeziehung auf den Anspruch 4, gekennzeichnet durch die Verfahrensschritte:

a) Herstellen der Zylinderlinse (3) und des Grundträger-
 gerteiles (5),

b) Aufbringen einer Metallschicht zur Herstellung des Zwischenträger-
 gerteiles (8) auf das Grund-
 träger-
 gerteil (5),

c) Ausbilden des Zwischenträger-
 gerteiles (8) mittels
 Strukturieren der Metallschicht,

d) Befestigen des Halbleiterlaserchips (2) auf einer Chipmontagefläche des Zwischenträger-
 gerteiles (8),

e) Auflegen der Zylinderlinse (3) auf das Grund-
 träger-
 gerteil (5),

f) Anlegen der Zylinderlinse (3) an die beiden Abstandhalterteile (9, 10) und

g) Befestigen der Zylinderlinse (3) auf dem Grundträger-
 gerteil (5).

14. Verfahren zum Herstellen einer Halbleiterlaser-Vorrichtung nach Anspruch 5 oder nach einem der Ansprüche 6 bis 12 unter Rückbeziehung auf den Anspruch 5, gekennzeichnet durch die Verfahrensschritte:

a) Herstellen der Zylinderlinse (3), des Grund-
 träger-
 gerteiles (5) und des Zwischenträger-
 gerteiles (8),

b) Aufbringen des Zwischenträger-
 gerteiles (8) auf
 das Grund-
 träger-
 gerteil (5),

c) Befestigen des Halbleiterlaserchips (2) auf dem Zwischenträger-
 gerteil (8),

d) Auflegen der Zylinderlinse (3) auf das Grund-
 träger-
 gerteil (5),

e) Anlegen der Zylinderlinse (3) an die beiden Abstandhalterteile (9, 10) und

f) Befestigen der Zylinderlinse (3) auf dem Grundträger-
 gerteil (5).

15. Verfahren zum Herstellen einer Halbleiterlaser-Vorrichtung nach Anspruch 5 oder nach einem der Ansprüche 6 bis 12 unter Rückbeziehung auf den Anspruch 5, gekennzeichnet durch die Verfahrensschritte:

a) Herstellen der Zylinderlinse (3), des Grund-
 träger-
 gerteiles (5) und des Zwischenträger-
 gerteiles (8),

b) Befestigen des Halbleiterlaserchips (2) auf dem Zwischenträger-
 gerteil (8),

c) Aufbringen des Zwischenträger-
 gerteiles (8) mit
 Halbleiterlaserchip (2) auf das Grund-
 träger-
 gerteil (5),

d) Auflegen der Zylinderlinse (3) auf das Grund-
 träger-
 gerteil (5),

e) Anlegen der Zylinderlinse (3) an die beiden Abstandhalterteile (9, 10) und

f) Befestigen der Zylinderlinse (3) auf dem Grundträger-
 gerteil (5).

16. Verfahren zum Herstellen einer Halbleiterlaser-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12 bzw. Verfahren nach Anspruch 13, 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Zylinderlinse (3) aus einer Glasfaser hergestellt wird, indem die Glasfaser von zwei Seiten her abgeflacht und nachfolgend auf die gewünschte Länge der Zylinderlinsen (3) zugeschnitten wird.

17. Verfahren zum Herstellen einer Halbleiterlaser-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß zum Justieren der Zylinderlinse (3) gegenüber dem Halbleiterlaserchip (2) kein Laserbetrieb des Halbleiterlaserchips (2) erforderlich ist.

18. Verfahren zum gleichzeitigen Herstellen einer Mehrzahl von Zylinderlinsen (3) aus einer Glasfaser, dadurch gekennzeichnet, daß die Glasfaser von zwei Seiten her abgeflacht und nachfolgend zu Glasfaserstücken mit der gewünschten Länge der Zylinderlinsen (3) zugeschnitten wird, daß die Glasfaserstücke mit den abgeflachten Seiten aufeinanderliegend übereinandergestapelt werden, daß die gekrümmten Seitenflächen der Glasfaserstücke mit einer Anti-Reflexions-Beschichtung versehen werden und daß der Stapel aus beschichteten Glasfaserstücken nachfolgend zu einzelnen Zylinderlinsen (3) aufgetrennt wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

FIG 3

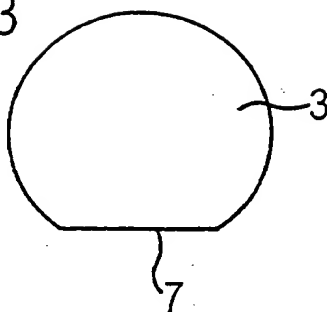


FIG 4

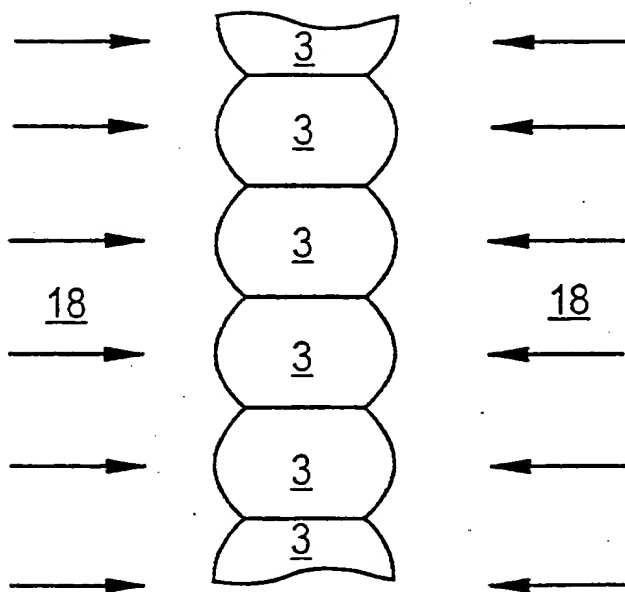


FIG 1

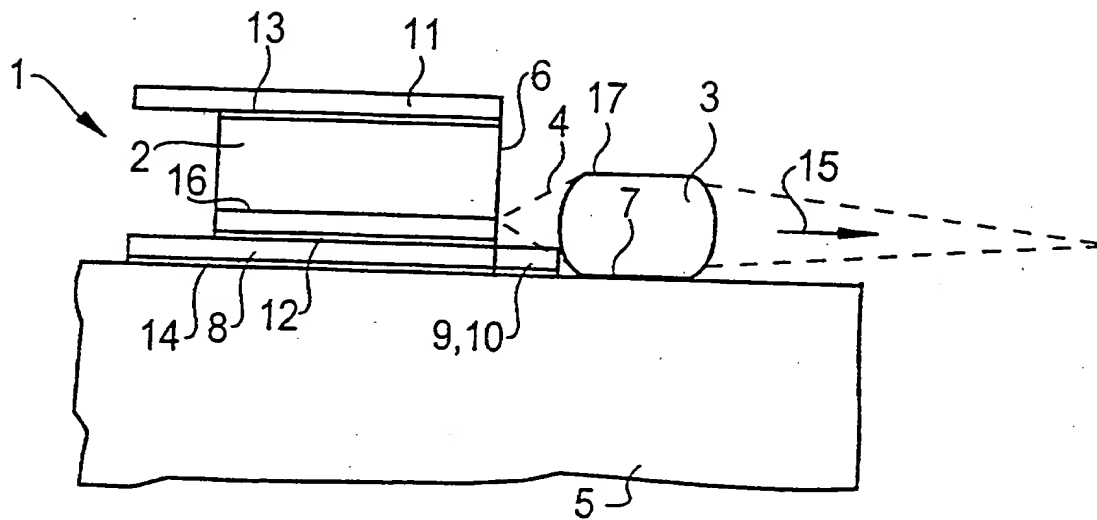


FIG 2

